

STRUČNI RAD

DUŠAN STAMENKOVIĆ\*, ALEKSANDAR MILTENOVIĆ, MILAN BANIĆ,  
MILOŠ SIMONOVIĆ, MARKO PERIĆ, DAMJAN RANGELOV

## PRIMENA UREĐAJA ZA VIZUELNU KONTROLU PODVOZJA ŽELEZNIČKIH VOZILA U OKVIRU KONTROLNIH PEGLEDA

## APPLICATION OF THE DEVICE FOR INSPECTING THE UNDER CARRIAGE OF RAILWAY VEHICLES IN THE FRAMEWORK OF INSPECTION

Datum prijema rada: 31.10.2024. god.  
Datum prihvatanja rada: 7.12.2024. god.  
UDK: 656.2+629.4

### REZIME:

Održavanje železničkih vozila je jedno od najvažnijih delatnosti koje direktno utiču na bezbednost železničkog saobraćaja, ali predstavljaju i značajan trošak. Savremeni dijagnostički sistemi su značajno unapredili stalni nadzor železničkih vozila i povećali efikasnost preventivnog održavanja prema stanju. Vizuelni pregled je osnovni i najčešći postupak za dijagnostiku železničkih vozila. U ovom radu opisan je uređaj za pregled podvozja lokomotiva, razvijen na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Nišu, pri čemu vozilo stoji na koloseku a uređaj ATUVIS (Autonomous undercarriage visual inspection system) kreće se ispod vozila i vrši snimanje obrtnog postolja.

**Ključne reči:** održavanje, vizuelni pregled, železnička vozila, električna lokomotiva, ATUVIS

### SUMMARY:

The maintenance of railway vehicles is one of the most important activities that directly affects the safety of railway traffic, but it also represents a significant cost. Modern diagnostic systems have significantly improved the continuous monitoring of railway vehicles and increased the efficiency of condition-based preventive maintenance. Visual inspection is the basic and most common procedure for diagnosing railway vehicles. This paper describes a device for inspecting the undercarriage of locomotives, developed at the Faculty of Mechanical Engineering at the University of Niš, where the vehicle stands on the track, and the device ATUVIS (Autonomous Undercarriage Visual Inspection System) moves under the vehicle and performs the inspection of the rotating stand.

**Key words:** maintenance, visual inspection, railway vehicles, electric locomotive, ATUVIS

\*Prof. dr Dušan Stamenković, Univerzitet u Nišu - Mašinski fakultet u Nišu, Niš, Aleksandra Medvedeva 18000,  
dusan.stamenkovic@masfak.ni.ac.rs

## 1. UVOD

Stalno praćenje stanja železničkih tehničkih sredstava osnovna je delatnost održavanja i od suštinskog je značaja za bezbednost železničkog saobraćaja. Vlasnici infrastrukture su odgovorni za ispravnost koloseka i drugih infrastrukturnih objekata, a železnički operateri su odgovorni za operativnu raspoloživost voznih sredstava, te shodno tome železnički prevoznici moraju da obavljaju održavanje svojih tehničkih sredstava. Najvažniji deo održavanja tehničkih sredstava je praćenje stanja.

U cilju povećanja efikasnosti održavanja i raspoloživosti železničkih vozila, a koristeći razvoj elektronike, senzorske tehnike i računarskih tehnologija, uvedena je on-board i stacionarna dijagnostika. On-board sistemi su ugrađeni u vozilo i koriste se za kontinualni nadzor uređaja u eksploataciji. Stacionarni dijagnostički sistemi se koriste za povremene-periodične preglede ispravnosti železničkih vozila i instalirani su pored pruge ili u radionicama.

Savremeni dijagnostički sistemi značajno su unapredili stalni nadzor železničkih vozila i povećali efikasnost preventivnog održavanja prema stanju. Tako kompleksan sistem, kao što je voz, nemoguće je u potpunosti pratiti i kontrolisati, ali težnja je da se vrši nadzor što većeg broja sklopova, uređaja, odnosno sistema na vozilu primenom savremenih dijagnostičkih uređaja [1, 2].

Većina dijagnostičkih sistema za praćenje stanja železničkih vozila je usredsređeno na točkove i obrtna postolja. S obzirom na to da su ti delovi značajni za sigurnost trčanja vozila, imaju najveći uticaj na bezbednost i troškove održavanja.

U radovima [3, 4] autori opisuju istraživanja kako da se postigne efikasno praćenje stanja ogibljenja šinskog vozila i stanja koloseka, koristeći merljive parametre primenom senzora ubrzanja. Ovo su primeri on-board dijagnostičkog sistema. Defekte je potrebno identifikovati na vreme i na taj način sprovesti efikasno održavanje. Stoga je potrebno aktivno praćenje stanja kako bi se prešlo sa preventivnog na prediktivno održavanje.

Autori u radu [5] upoređuju savremena tehnička rešenja koja se koriste za praćenje stanja dinamičkih parametara železničkih vozila analizirajući prednosti i nedostatke ovih metoda.

Neki senzori dijagnostičkog sistema ugrađeni na vozilu mogu da se koriste ne samo za merenje performansi vozila već i za otkrivanje nepravilnosti na pruzi. Rad [6] opisuje metode praćenja stanja železničkih tehničkih sredstava koja su danas u upotrebi na železnici.

Sistem UVIS (Under Vehicle Inspection System) je uređaj za vizuelnu kontrolu voza odozdo (slika 1), koji se postavlja na kolosek (između šina) i vrši pregled dok voz prolazi iznad uređaja [7]. Sistem se sastoji iz više kamera čiji se snimci softverski obrađuju, tako da može da se generiše slika vozila komplet odozdo iz mnoštvo parcijalnih slika.



Slika 1. Sistem UVIS (Under Vehicle Inspection System) [7]

Ovo rešenje je veoma dobro, ali i skupo. Složeno je zato što se koristi više kamera i traži kompleksnu softversku obradu.

U ovom radu je predstavljen uređaj za pregled podvozja, razvijen na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Nišu, pri čemu vozilo stoji na koloseku a uređaj ATUVIS (Autonomous undercarriage visual inspection system) se kreće ispod vozila i vrši snimanje obrtnog postolja.

## 2. KONTROLNI PREGLED ŽELEZNIČKIH VOZILA

Pravilnik o održavanju železničkih vozila je objavljen u "Službenom glasniku RS" [8]. Ovim pravilnikom propisuju se, evidentiraju rokovi koje je propisao proizvođač voznog sredstva i njihovih delova

Primena uređaja za vizuelnu kontrolu podvozja železničkih vozila u okviru kontrolnih pregleda

značajnih za bezbedno odvijanje železničkog saobraćaja, elementi dosijea o održavanju i upravljanje dosijeom o održavanju .

Servisni pregledi vučnih vozila obavljaju radnici radionice za održavanje železničkih vozila na mestu na kojem je omogućen pregled vučnog vozila iz kanala i na kojem je moguć pristup na krov vučnog vozila.

U sklopu servisnog pregleda vučnih vozila vrši se:

- vizuelni pregled, provera ispravnosti uređaja i dopuna zaliha pogonskog materijala;
- pregled i provera trčućeg stroja odnosno obrtnog postolja, kočionog sistema i drugih uređaja i sklopova;
- otklanjanje neispravnosti u skladu sa uputstvima o održavanju vučnog vozila za ovu vrstu pregleda.

Rokovi servisnih pregleda vučnih vozila utvrđeni su dosijeom o održavanju, a rok između dva servisna pregleda ne može biti duži od 7 dana.

Na vučnom vozilu koje nije korišćeno duže od 5 dana pre ponovne upotrebe mora da bude obavljen servisni pregled [8].

Kontrola ispravnosti železničkog vozila u toku eksploatacije, kao i servisni pregledi obuhvataju vizuelni pregled uređaja na vozilu. Posebno je važno da se redovno prati stanje vučnih vozila .

U okviru servisnih pregleda električnih lokomotiva obavlja se pregled vozila u skladu sa listom pregleda, koja, pored ostalog, uključuje i:

- vizuelnu kontrolu (iz kanala i spolja) sanduka i opreme na njemu,
- vizuelni pregled obrtnih postolja, osovinskih sklopova, obručeva točkova, poklopaca.

Uobičajeno se ovaj pregled vrši iz kanala od strane pregledača koji koristi ručnu lampu za osvetljenje. Međutim, vrlo često je radionica (depo) koja je opremljena kanalom, udaljena, pa je svrsishodno da se servisni pregled izvrši na terenu tj. na sporednom ili industrijskom koloseku. Da bi se vizuelni pregled vozila odozdo obavio bez kanala postavljen je zahtev da se razvije sistem za vizuelnu kontrolu koji treba da se postavi u nivou pruge između šina i da omogući pregled trčućeg sklopa vozila dok vozilo stoji.

U okviru vizuelne kontrole obrtnih postolja, u sklopu servisnog pregleda, potrebno je izvršiti pregled i obratiti pažnju na sledeće:

- osovinskih sklopova (videti da li ima oštećenja/riseva na osovinama, točkovima, obručevima točkova, reduktorima, i da li ima curenja iz reduktora);
- vučnih motora (videti da li ima oštećenja poklopaca vučnih motora, elemenata spojnice reduktor - vučni motor);
- dijagonalne motke (videti da li ima oštećenja dijagonalne motke, da li ima zavrtneva i navrtki dijagonalne motke; videti da li ima oštećenja/pukotina na konzolama ramova obrtnih postolja);
- kočionog polužja (videti da li ima oštećenja na trougaonim motkama, regulatorima kočnice, spojevima kočnog polužja - vijčanim vezama);
- kočionih cilindara (videti da li ima oštećenja na kočnim cilindrima i na vezama klipa i kočnog polužja).

Uzimajući u obzir navedene tehničke zahteve, na Mašinskom fakultetu u Nišu razvijen je uređaj za vizuelnu kontrolu podvozja železničkih vozila, skraćenog naziva ATUVIS.

### 3. OPIS UREĐAJA ATUVIS

Uređaj za vizuelnu kontrolu podvozja železničkih vozila ATUVIS (slika 2) koristi se za pregled podvozja, odnosno komponenti obrtnog postolja i sanduka železničkih vozila koji se mogu videti odozdo. Pregled se vrši na pruzi, tj. koloseku i zamenjuje pregled podvozja iz kanala. Ova vizuelna kontrola vrši se u skladu sa parametrima koji su od strane proizvođača železničkog vozila definisani u tehničkoj dokumentaciji i koji su verifikovani u procesu odobravanja vozila za saobraćaj.

U okviru probnih pregleda obavljeno je snimanje fiksiranom kamerom dok se vozilo kreće, međutim kvalitet snimaka je bio nezadovoljavajući. Posle brojnih proba utvrđen je koncept uređaja koji je opremljen kvalitetnom kamerom i postoljem

kamere koje je sposobno da se kreće po neravnom terenu koloseka. Kamera snima (fotografiše) delove vozila u različitim položajima koji joj omogućavaju pogoni za linearno kretanje u poprečnom pravcu u odnosu na kolosek tj. vozilo i rotaciju kamere oko svoje ose. Ovo obezbeđuje da se snime svi važni delovi obrtnog postolja.

Uređaj za vizuelnu kontrolu podvozja železničkih vozila ATUVIS sastoji se iz sledećih delova: noseće konstrukcije, opreme za kretanje, opreme za snimanje, uređaja za upravljanje i zaštitnih poklopaca. Noseća konstrukcija je izrađena od čeličnog lima i konstruisana je tako da mogu da se smeste svi potrebni uređaji. Na slici 2. prikazani su sastavni delovi uređaja ATUVIS.



Slika 2. Uređaj ATUVIS na terenu

Karakteristike uređaja prilagođene su specifičnoj funkciji u smanjenom i neravnom terenu. U tabeli 1. prikazane su osnovne karakteristike uređaja ATUVIS.

Tabela 1. Osnovne karakteristike uređaja ATUVIS

Veličina uređaja: visina, dužina, širina	1227 x 1225 x 228 mm
Veličina uređaja sa demontiranom platformom za kameru	1227 x 920 x 228mm
Klirens (rastojanje između najniže tačke uređaja i površine puta kretanja točkova)	76 mm
Ukupna masa uređaja	60 kg
Vreme snimanja podvozja železničkog vozila	do 20 minuta
Operativno vreme korišćenja uređaja	8 sati
Napon baterije	48 V
Kapacitet baterije	30 Ah
Maksimalna brzina kretanja	1 km/h
Preporučena vrednost brzine kretanja prilikom pregleda	0,4 km/h

Osnovni delovi uređaja:

- ultrazvučni senzori služe za održavanje pravca uređaja tokom kretanja;
- akumulator služi za napajanje motora za kretanje uređaja po koloseku pruge i napajanje motora za kretanje kamere;
- ručice služe za prenošenje uređaja;
- LED osvetljenje služi za osvetljivanje podvozja železničkog vozila tokom pregleda;
- kamera je akciona kamera tip GoPro HERO 11;
- antena (dva komada) služe za bolju vezu sa spoljnim uređajem za kontrolu ATUVIS uređaja;
- pogonski motori (četiri komada) služe za pogon točkova;
- industrijski računar služi za kontrolu uređaja i skladištenje fotografija;
- točkovi su od pune gume prečnika 215 mm i širine 50 mm;
- poklopci (dva komada) služe za zaštitu unutrašnjih delova uređaja;
- uređaj može da radi u automatizovanom i manuelnom režimu rada.

Automatizovani režim rada podrazumeva da se uređaj postavi u početnu poziciju ispod prednjeg dela lokomotive (vozila). Posle toga se startuje automatizovani režim rada koji na prethodno predefinisanim pozicijama slika podvozje lokomotive i nakon obavljenog pregleda uređaj se vraća na početno mesto.

Manuelni režim rada podrazumeva da korisnik preuzme upravljanje uređajem na korisničkom interfejsu. U tom slučaju korisnik može da pokreće uređaj napred nazad pri čemu uređaj održava poziciju između šina. Korisnik dovodi uređaj do odgovarajućeg položaja uzduž lokomotive, a zatim preuzima kretanje pozicije kamere levo-desno na platformi do željene pozicije, a nakon toga on onda usmerava kameru prema željenom delu lokomotive.

Na slici 3 prikazan je pregled uređajem ATUVIS električne lokomotive Srbija kargo tip 444-006 na železničkoj stanici Crveni krst u Nišu obavljen dana 22.3.2023. godine. U okviru pregleda napravljeno je čak 135 fotografija od kojih su dve prikazane slici 4.

Primena uređaja za vizuelnu kontrolu podvozja železničkih vozila u okviru kontrolnih pregleda



Slika 3. Pregled električne lokomotive Srbija kargo na železničkoj stanici Crveni krst u Nišu.



Slika 4. Pregled električne lokomotive Srbija kargo na železničkoj stanici Crveni krst u Nišu.

Pored osnovnih podataka o uslovima snimanja sa pregleda lokomotive 444-006 uređajem ATUVIS, izveštaj sadrži i 135 fotografija. Ukupno vreme snimanja podstroja lokomotive 444-006, u automatizovanom režimu rada iznosilo je 10 minuta od postavljanja uređaja na početnu poziciju. Izveštaj sa vizuelnog pregleda dat je u Tabeli 2.

Tabela 2. Izveštaj sa vizuelnog pregleda

OPŠTI PODACI O PREGLEDU VOZILA			
Lokomotiva	444 - 006	Broj slika	135
Datum pregleda	22.03.2023.	Nulti položaj uređaja (upravljavnica)	1 (A)/2 (B)
Vreme trajanja pregleda	9:49 - 9:59 (10 min) – Sunčano	Uočeni defekti i nedostaci na lokomotivi	Da/Ne
Mesto pregleda	Crveni Krst železnička stanica Niš	Ugao kamere $\varphi_1$ [°]	-45,0,45
Broj pozicija uređaja	9	Ugao kamere $\varphi_2$ [°]	0,45, 60, 90, 120, 135, 150
Stanje lokomotive	Lokomotiva u saobraćaju	Vlasnik lokomotive	Srbija Kargo
Pregled izvršili	Marko Perić, Dušan Stamenković		
Zapažanja	<b>Uočeno defekt: naprsnuće trougaone motke iza 4. osovine.</b>		

#### 4. REZULTATI EKSPERIMENTALNIH PREGLEDA

U okviru projekta, izvršeno je dvadeset snimanja podvozja različitih električnih lokomotiva na različitim terenima (stanicama), i shodno rezultatima tog ispitivanja, može da se zaključi da uređaj ima isti ili bolji nivo pouzdanosti u odnosu na ljudskog operatera, koji vrši pregled iz kanala (Tabela 3).

Sve lokomotive, čije je podvozje pregledano upotrebom uređaja ATUVIS u periodu januar-maj 2023. godine, bile su u eksploataciji što znači ispravne za saobraćaj. Naime, ta vozila su bila podvrgnuta servisnim pregledima ili nekim periodičnim kontrolnim pregledima u periodu od nekoliko dana pre izvršenih snimanja uređajem ATUVIS o čemu je postojala uredna dokumentacija vlasnika vozila. U tim pregledima utvrđeno je da su lokomotive ispravne za saobraćaj i da na njima ne postoje defekti, što je u većini slučajeva potvrđeno i pregledima uređajem ATUVIS.

Tabela 3. Hronološki prikaz izvršenih pregleda

Red. br.	Datum	Lokomotiva/vlasnik	Mesto izvršenog pregleda	Broj snimaka	Napomena
1.	10.01.2023.	461-001 Srbija Voz	Radionica fabrike MIN Lokomotiva	52	Lok. neispravna, čeka opravku
2.	12.01.2023.	441-708 Srbija Voz	Radionica fabrike MIN Lokomotiva	64	Lok. neispravna, čeka opravku
3.	16.01.2023.	461-130 Srbija Kargo	Železnička stanica Crveni Krst	101	Lok. u saobraćaju
4.	19.01.2023.	461-151 Srbija Kargo	Železnička stanica Crveni Krst	360	Lok. u saobraćaju
5.	19.01.2023.	461-151 Srbija Kargo	Železnička stanica Crveni Krst	296	Dopunski pregled sa dopunom parametara
6.	25.01.2023.	444-017 Srbija Kargo	Depo ZOVS, Srbija Kargo, Niš	41	Lok. neispravna, čeka opravku
7.	02.02.2023.	444-030 Srbija Kargo	Železnička stanica Crveni Krst	362	Lok. u saobraćaju - Vreme vedro ~5°C
8.	02.02.2023.	444-030 Srbija Kargo	Železnička stanica Crveni Krst	124	Dopunski pregled sa izmenom parametara
9.	02.02.2023.	47-376 PIMK	Železnička stanica Crveni Krst	486	Lok. u saobraćaju - Vreme vedro ~7°C
10.	21.02.2023.	1141-379 PIMK	Ranžirna stanica u Popovcu	564	Lok. u saobraćaju Vreme sunčano ~10°C
11.	21.02.2023.	1141-379 PIMK	Ranžirna stanica u Popovcu	567	Dopunski pregled sa izmenom parametara Vreme sunčano 15°C
12.	21.02.2023.	1141-379 PIMK	Ranžirna stanica u Popovcu	156	Dopunski pregled sa izmenom parametara Vreme sunčano ~17°C
13.	24.02.2023.	441-601-3 Srbija Voz	Kolosek u fabrici MIN Lokomotiva	579	Lokomotiva na izlazu iz vanredne opravke - Vreme oblačno ~8°C
14.	16.03.2023.	47-376 PIMK	Ranžirna stanica u Popovcu	135	Lokomotiva u saobraćaju - Vreme susnežica ~2°C
15.	22.03.2023.	444-006 Srbija Kargo	Železnička stanica Crveni Krst	135	Lokomotiva u saobraćaju - Vreme sunčano ~15°C
16.	22.03.2023.	444-006 Srbija Kargo	Železnička stanica Crveni Krst	135	Dopunski pregled sa promenom pravca kretanja uređaja - Vreme sunčano ~15°C
17.	29.03.2023.	1080-007 SIEMENS Smartron	Železnička stanica Dimitrovgrad	540	Lokomotiva u saobraćaju - Vreme sunčano ~6°C
18.	29.03.2023.	1080-007 SIEMENS Smartron	Železnička stanica Dimitrovgrad	540	Dopunski pregled sa promenom pravca kretanja uređaja - Vreme sunčano ~9°C
19.	11.04.2023.	461-124 Srbija Kargo	Železnička stanica Crveni Krst	819	Lokomotiva u saobraćaju - Vreme oblačno ~10°C
20.	26.04.2023.	444-016 Srbija Kargo	Železnička stanica Crveni Krst	188	Lokomotiva u saobraćaju - Vreme oblačno ~8°C

Primena uređaja za vizuelnu kontrolu podvozja železničkih vozila u okviru kontrolnih pregleda

Izuzetak je uočeno naprsnuće trougaone motke kočnog polužja na lokomotivi 444-006 dana 22.3.2023. godine na stanici Crveni Krst, o čemu smo obavestili odgovorna lica operatera Srbija Kargo. U izveštaju o pregledu uređajem ATUVIS prikazan je uočeni defekt na dve fotografije, koje su napravljene iz dve različite pozicije (Slika 5).



Slika 5. Defekt naprsnuća trougaone motke uočen na pregledu lokomotive 444-006

## 5. ZAKLJUČAK

Zaključak je da pregled podvozja lokomotiva uređajem ATUVIS može da zameni dosadašnji klasičan pregled pregledača iz kanala, ali i da ima značajnu prednost u odnosu na klasičan pregled, s obzirom na to da može da se izvrši na koloseku železničke stanice i to svakodnevno u periodu čekanja za narednu vuču vozova. Sve aktivnosti oko pregleda uređajem ATUVIS (postavljanje uređaja na kolosek ispred lokomotive, kretanje uređaja i snimanje podvozja lokomotive, odnošenje uređaja, kao i pregled svih fotografija) traju ukupno 30 do 40 minuta.

Druga značajna prednost primene uređaja ATUVIS za servisni pregled podvozja lokomotiva je u tome što je izvršeni pregled lokomotive dokumenovan fotografijama i to je dokument za dosije o održavanju lokomotive koje lice za održavanje (ECM) treba da vodi.

Uređaj može značajno da smanji troškove za operatere jer mogu servisne preglede da obave na samoj stanici, tj. ne moraju da šalju do radionice koja ima kanal.

Uređajem ATUVIS može da se vrši snimanje podvozja različitih tipova železničkih vozila: dizel i električnih lokomotiva, dizel i elektro motornih vozova, teretnih kola i dr.

## LITERATURA

- [1] D. Stamenković: Održavanje železničkih vozila, Mašinski fakultet Niš, 2011.
- [2] Lagnebäck R.: Evaluation of wayside condition monitoring technologies for condition-based maintenance of railway vehicles, Luleå University of Technology-Sweden, 2007.
- [3] Zheng Huang, Integrated Railway Remote Condition Monitoring, doctor thesis, University of Birmingham, 2016.
- [4] E. M. Vinberg, M. Martin, A. H. Firdaus, Y. Tang, Railway Applications of Condition Monitoring, Technical Report, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm 2018.
- [5] Ngigi, R, Pislaru, Crinela, Ball, Andrew and Gu, Fengshou, Modern techniques for condition monitoring of railway vehicle dynamics, Journal of Physics Conference Series, 2012.
- [6] D. Stamenković, M. Banić, A. Miltenović, M. Simonović, Modern approaches to condition monitoring of railway assets, Proceedings of 26th international conference „CURRENT PROBLEMS IN RAIL VEHICLES - PRORAIL 2023“, Žilina, Slovakia, 2023, p.p. 251-260.
- [7] <https://www.wg-plc.com/product/under-train-carriage-inspection-system>
- [8] Pravilnik o održavanju železničkih vozila, Službeni glasnik RS 144/2020, datum 27.11,2020.